



Hokkanen Teemu

Tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön vaikutukset oppilaan kognitiivisiin taitoihin

Kandidaatintutkielma
KASVATUSTIETEIDEN TIEDEKUNTA
Luokanopettajan koulutusohjelma
2019

Oulun yliopisto

Kasvatustieteiden tiedekunta

Tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön vaikutukset oppilaan kognitiivisiin taitoihin
(Teemu Hokkanen)

Kandidaatintutkielma, 32 sivua

Toukokuu 2019

Teknologian kehitys on ollut 1990-luvulta lähtien nopeampaa kuin koskaan ennen. Kehityksen myötä tieto- ja viestintäteknologia on vakiintunut osaksi perusopetuksen oppimisvälineitä. Tieto- ja viestintäteknologian avulla suurempia tietomääriä kyetään esittämään helposti ymmärrettävässä muodossa oppilaille, mikä on yksi sen vakiintumisen syistä opetuksessa.

Koska tieto- ja viestintäteknologia on vahvistanut asemaansa vuosien aikana opetuksessa, opetushallitus on asettanut siihen liittyviä oppimistavoitteita Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa. Tarkasteltaessa tieto- ja viestintäteknologian vaikutuksia oppilaan kognitiivisiin taitoihin, meidän on tutkittava aiheesta saatavilla olevaa tutkimustietoa. Suomenkielistä tutkimustietoa sen hyödyistä löytyy kohtalaisen hyvin. Tutkimuksia sen mahdollisista haittavaikutuksista ei hyötyihin verrattuna ole suomeksi saatavilla ollenkaan niin paljon. Ulkomaisissa tutkimuksissa myös tieto- ja viestintäteknologian haittavaikutuksista puhutaan.

Tutkielman tavoitteena on lähestyä saatavilla olevaa tutkimustietoa liittyen tieto- ja viestintäteknologian vaikutuksista oppilaan kognitiivisiin taitoihin ja siten tarjota objektiivinen, mahdollisimman laajasti tieto- ja viestintäteknologian vaikutuksia kuvaava kokonaisuus. Näitä vaikutuksia reflektoidaan suhteessa Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden asettamiin tavoitteisiin, jotka liittyvät erityisesti, mutta eivät pelkästään matematiikkaan, äidinkieleen sekä laaja-alaisiin osaamistavoitteisiin.

Tutkielmassa todetaan, että tieto- ja viestintäteknologian käytöllä opetuksessa voidaan kehittää oppilaan matemaattisia ja lukemisen taitoja, metakognitiivisia ajattelun ja tiedonrakentelun taitoja. Sen haittavaikutuksia ovat muistin heikkeneminen, tarkkaavaisuuden keston lyheneminen sekä kognitiivinen ylikuormitus. Joissain tapauksissa myös kriittisen ajattelun heikentymistä pidetään tieto- ja viestintäteknologian aiheuttamana haittavaikutuksena.

Avainsanat: tieto- ja viestintäteknikka, teknologia, kognitiiviset taidot, opetus, opettaminen

Sisältö / Contents

1 Johdanto	4
2 Tutkielman lähtökohdat ja tutkimuskysymykset	7
3 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys	9
3.1 Kognitiivisten taitojen määritelmiä	9
3.2 Mayerin multimediaoppimisteoria	11
3.3 Mitä teknologiaa hyödyntämällä tulisi oppia?	12
4 Tutkimuksia teknologian opetuskäytön vaikutuksista	13
4.1 Oppimista edistäviä vaikutuksia	13
4.2 Oppimista heikentäviä vaikutuksia	18
5 Tutkielman johtopäätökset	23
6 Pohdinta	27
7 Lähteet / References	30

1 Johdanto

Tietotekniikan kehitys on 1990-luvulta lähtien ollut nopeampaa kuin koskaan ennen. Vielä ennen vuosituhannen vaihtumista teknologia toimi apuvälineenä lähinnä luokan ulkopuolella tapahtuvassa opettajantyössä. Tultaessa 2000-luvulle teknologia alkoi ilmaantumaan yhä useampiin koululuokkiin (Opetushallitus 2011, 5) sekä alkoi tulla osaksi koulujen ja opettajien opetus- ja tuntisuunnitelmia. Esimerkiksi jo vuoden 2004 valtakunnallisessa perusopetussuunnitelmassa on teknologiaan liittyviä tavoite- ja aihesisältöjä, jotka määrittelevät tietoteknisten laitteiden käyttöön liittyviä osaamistavoitteita (Opetushallitus 2004, 42–43).

Osoitus tietotekniikan opetuskäytön systemaattisesta hyödyntämisestä peruskoulutuksessa tänä päivänä on nähtävissä esimerkiksi uusimmassa, vuoden 2014 perusopetussuunnitelmassa: *”Oppimaan oppimisen taidot karttuvat, kun oppilaita ohjataan ikäkaudelleen sopivalla tavalla —hyödyntämään teknologisia ja muita apuvälineitä opiskelussaan.”* (Opetushallitus 2014, 21). Tietotekniikka on osa modernia yhteiskuntaa, jonka avulla vaikeaselkoisia ja suuriakin määriä tietoa voidaan kompressoida helposti ymmärrettävään ja käsiteltävään muotoon. Tietotekniikan tarkoitus on aina ollut auttaa ihmistä siis käsittelemään tietoa. Tiedonkäsittely on osa kognitiivisen psykologian terminologiaa, jossa yhdistyvät *havaintokyky, tarkkaavaisuus, havaitseminen, muisti, mieltäminen, kielelliset prosessit* sekä *ajattelu* (Saariluoma, Kamppinen & Hautamäki 2001, 87). Tietotekniikan säännöllisellä käytöllä osana normaalia arkea ja koulunkäyntiä voidaan ajatella siten vaikuttavan näihin kognitiivisiin piirteisiin.

Meneillään olevalla vuosikymmenellä teknologisten laitteiden opetuskäyttö on monipuolistunut. Siinä missä vuosituhannen alussa oppilaille opetettiin lähinnä tietokoneen käyttöä, kuuluu nykyisellään opetuksen apuvälineisiin ja teknologiaopetukseen itsessään tietokoneet ja tabletit. Älytaulu kuuluu myös monen luokkahuoneen varusteisiin ja toisinaan oppilaiden omia älypuhelimia käytetään osana opetusta. Suomalaisia kouluja on lähtenyt mukaan hankkeisiin, joiden tarkoitus on lisätä teknologisten apuvälineiden määrää kouluissa. Investointeja teknologisten laitteiden hankintaan on myös tehty (Opetushallitus 2011, 29).

Viimeisen vuosikymmenen aikana koulutusta koskevissa keskusteluissa on ryhdytty tarkastelemaan uudelleen – ja toisinaan jopa kyseenalaistamaan – teknologian opetuskäytön hyötyjä. Esimerkiksi opetushallitus on vuoden 2011 katsauksessaan esittänyt joitain syitä sille, miksi teknologia ei ole kouluissa saavuttanut potentiaaliaan. Monia asioita teknologian opetuskäytön suhteen on aliarvioitu. Näitä ovat esimerkiksi sen käyttöönoton haastavuus, teknologian oppimiseen ja opetuskäytänteisiin vaikuttamisen dokumentointi sekä teknologian nopea muuttuvuus ja kehitys (Opetushallitus 2011, 29).

Koulutusta koskevissa keskusteluissa myös muutkin lähteet ovat suhtautuneet kriittisesti teknologian käytön vaikutuksista oppimistuloksiin. Jyväskylän yliopiston tuottamassa analyysissä vuoden 2015 Pisa-tuloksista esitetään, että teknologisten laitteiden – kuten tablettien – käyttö oppitunneilla saattaa toisinaan jopa heikentää oppimistuloksia (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2016, 96).

Yksi tuoreimmista esimerkeistä teknologian opetushyötyjä kritisoivasta näkökulmasta julkaistiin Helsingin Sanomissa marraskuussa 2018. Helsingin yliopiston tutkija Aino Saarinen on työskennellyt suomalaisten lasten oppimistulosten heikentymistä tutkivan tutkimuksen parissa, ja Helsingin Sanomat sai tutkimustulokset enakkoon tietoonsa. Aino Saarisen mukaan heikentyneiden oppimistulosten taustalta kuluneina vuosina on selvästi paljastunut digitaalisuuden lisääminen (Malmberg, 2018).

Oulun yliopiston kasvatustieteen emeritusprofessori Pauli Siljander sekä yliopistolehtori Kimmo Kontio oulun yliopistosta ovat kritisoineet opetuksen digitalisaatiota muun muassa vetoamalla Aino Saarisen tutkimukseen. He esittävät myös, että oppilaan syvälinen ymmärtäminen sekä korkea-asteinen käsitteellinen ajattelu kehittyvät parhaiten oppilaan ja opettajan välisessä vuorovaikutuksessa, ja teknologiset laitteet ja sovellukset vievät tästä vuorovaikutuksesta oppilaan huomion pois häiriten siten parhaita mahdollista kognitiivista kehitystä. He mainitsevat edelleen, että digitalisaation opetuksellinen perusteltuneisuus ja yhteydet opetussisältöihin ovat epäselvät tai olemattomat. (Kontio & Siljander, 2018.)

Koulutukseen liittyvissä julkisissa keskusteluissa puhutaan jo teknologiakasvatuksesta. Opettajat suomessa ovat lähteneet mukaan teknologian hyödyntämiseen opetuksessa positiivisella asenteella. Koska opetushallitus on vuoden 2014 opetussuunnitelmassa asettanut monipuolisesti erilaisia osaamistavoitteita teknologisten välineiden käyttöön, on oletettava,

että teknologiakasvatuksen määrä jatkaa kasvamistaan. Teknologiakasvatus on vuoden 2016 perusopetussuunitelman myötä myös hahmottunut selkeämmäksi kokonaisuudeksi, joka on tavoitteilla mitattavissa; nykypäivänä on edellisvuosiin verrattuna selkeämpää sanoa, mitä teknologisilla apuvälineillä opetetaan, kuinka niillä on tarkoitus oppia ja millaisia teknologisia laitteita tulisi opetuksessa käyttää. Koska yhä suurempi määrä opettajia nykypäivänä siten harjoittaa teknologiakasvatusta ja koska sitä perusopetussuunitelman perusteella odotetaan opettajilta, on syytä tarkastella kokonaisvaltaisemmin sen vaikutuksia oppilaisiin.

Aiemmissa tutkimuksissa ollaan osoitettu, että tietotekniikan opetuskäyttö kehittää muun muassa oppilaan *tiedonrakentelutaitoja* ja *ajatteluprosessin tekemistä näkyväksi* (Järvelä, Järvenoja, Simojoki, Kotkaranta, Suominen 2011, 42). Teknologian opetuskäytön on todettu myös kehittävän *oppimisen itsesäätelyn eri vaiheita; tavoitteenasettelua, suunnittelua ja oman oppimisen arviointia* (Malmberg, Järvenoja & Järvelä 2010, 1035–1040). Oppimisympäristöissä, joissa painotetaan ja käytetään hyödyksi teknologiapainotteista oppimista, oppilaat saavuttavat parempia oppimistuloksia *monimutkaisten ilmiöiden ja asiakokonaisuuksien ymmärtämisessä* (Hakkarainen, Lipponen & Järvelä 2002, 12-23). Nämä ovat esimerkkejä lukuisista teknologian oppimista edistävien vaikutusten tutkimuksista.

Toisaalta, julkisia keskusteluita sekä aiheeseen liittyvää tutkimusta seuraamalla ja tarkkailemalla on huomattavissa, ettei aiheeseen liittyviä suomenkielisiä tutkimuksia teknologian mahdollisista haittavaikutuksista oppimisprosessiin ole kovin paljon saatavilla. Herää kysymys, onko tähän kiinnitetty riittävästi huomiota teknologiakasvatuksen aseman vahvistuessa opetuksessa? Tästä syntyy tarve tarkastella teknologian opetuskäytön vaikutuksia näkökulmasta, joka tarjoaa monipuolisen ja mahdollisimman objektiivisen katsauksen aiheeseen – auttaen sekä opettajia että opettajaksi opiskelevia hahmottamaan sen hyödyt, haitat ja soveltamaan teknologiaa omassa opetuksessaan tarkoituksenmukaisemmin. Siten tällaisen näkökulman luomiseen keskittyy kirjoittamani kandidaatintutkielma.

Tässä tutkielmassa opetuksessa käytettäviin teknologisiin laitteisiin luen mukaan älykkäät esitystaulut, digitaaliset ja interaktiiviset oppimateriaalit, pöytäkoneet sekä nykyaikaiset älylaitteet, kuten tabletit, kannettavat tietokoneet ja mobiililaitteet.

2 Tutkielman lähtökohdat ja tutkimuskysymykset

Kandidaatintutkielmani tarkoitus on selvittää, millaisia positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia teknologian opetuskäytöllä on oppilaan kognitiivisiin taitoihin. Paneudun tähän tutkimalla aihetta käsitteleviä julkaisuja ja poimimalla, tulkitsemalla sekä vertailemalla niiden yhteisiä tuloksia. Koska koulutusta koskevissa julkisissa keskusteluissa on selvästi vasta viime aikoina ilmaantunut teknologian opetuskäytön hyötyjä kritisoivia näkökulmia (vrt. Malmberg 2018; Kontio & Siljander 2018), on tavoitteenani pyrkiä mahdollisimman objektiivisesti ottamaan myös tällaiset näkökulmat huomioon julkaisuja tulkitessani.

Tutkielmassani vastaan kysymykseen:

Millaisia positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia teknologian opetuskäytöllä on oppilaan kognitiivisiin taitoihin?

Lähestyn tutkimuskysymystäni kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keinoin. Tehtävänäni on tutkia, tulkita, arvioida ja vertailla aihetta käsitteleviä tieteellisiä julkaisuja ja tämän tehtävän myötä kehittää olemassa olevaa teoriaa teknologian opetuskäytön vaikutuksista. Tavoitteenani on siten myös oman ammattiosaamiseni kehittäminen, jotta itselläni voisi olla kriittinen ja monipuolinen ymmärrys teknologian opetuskäytöstä luokanopettajan työssä. Tutkielmalla on sinänsä arvoa myös kenelle tahansa luokanopettajalle tai luokanopettajaksi opiskelevalle henkilölle, joka pyrkii ymmärtämään, millä tavoin teknologiaa tulisi hyödyntää opetuksessa, kuinka sen käyttöä tulisi suunnitella opetuksessa ja mikä on teknologian opetuskäytön suhde valtakunnallisen opetussuunnitelman tavoitteisiin.

Aineistona tutkielmassani käytän melko paljon englanninkielisiä julkaisuja. Asiaa tutkittuani olen todennut, että teknologian hyötyjä eritteleviä ja analyysoivia julkaisuja on suomen kielellä runsaasti, mutta teknologian opetuskäyttöä kritisoivaa näkökulmaa ei juurikaan ole suomeksi löydettävissä, toisin kuin englannin kielellä. Tutkielmassani tulen siten tulkitsemaan muun muassa ulkomaisia teknologian opetuskäyttöä kritisoivia julkaisuja, ottamaan näiden julkaisujen teorian ja lopulta reflektimaan niiden käyttökelpoisuutta ja käytännön arvoa suomen valtakunnallisen opetussuunnitelman pohjalta.

Aineiston keruussa tietokantoina ovat toimineet Oula-Finna, Ebsco ja ProQuest, DeepDyve, SpringerLink ja Eric. Olen kerännyt aineistoa suomenkielisillä hakusanoilla *teknologia*, *tietotekniikka*, *tieto- ja viestintätekniikka*, *informaatioteknologia*, *oppiminen*, *opetus*, *vaikutukset*, *aivot*, *kognitiiviset taidot* sekä näiden eri yhdistelmillä. Englannin kielellä hakusanoja ovat olleet *technology*, *IT*, *information technology*, *classroom*, *student*, *cognition*, *cognitive skills*, *effects*, *learning*, *brain*, sekä näiden eri yhdistelmät.

3 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys

Tutkielmassani toistuvat useasti termit *kognitiiviset taidot* sekä *teknologia*. Kognitiivisiin taitoihin lukeutuu useampi muu käsite. Kognitiiviset taidot tarkoittavat sellaisia toimintoja, joita käytetään tiedon hankintaan, aktiiviseen prosessoimiseen ja tallentamiseen. Yleisesti voidaan katsoa, että niitä ovat kielelliset ajatusprosessit, muisti, visuospatiaaliset taidot, toiminnanohjaus, tarkkaavaisuus ja sen ylläpitäminen sekä logiikka ja päättelytaidot. (Sundar 2012, 262).

3.1 Kognitiivisten taitojen määritelmiä

Kun tutkitaan kielellisiä ajatusprosesseja oppimisen kontekstissa, on esille nostettava metakognition merkitys oppimisessa. Suomalaisessa nyky-yhteiskunnassa pärjäämiseen ja siinä tehokkaaseen integroitumiseen vaaditaan korkeamman ajattelun ja oppimaan oppimisen taitoja (Järvelä, Häkkinen, Lehtinen 2006, 40). Metakognitio on kehittyneen ajattelun muoto, jonka avulla yksilö tarkastelee kriittisesti omaa ajatteluaan. Metakognitio tarkoittaa myös yksilön kykyä toimia itsenäisesti ja joustavasti mukautuen monipuolisesti erilaisiin tilanteisiin ja niiden asettamiin vaatimuksiin (Rhodes 2019, 168). Kognitio itsessään on jaettavissa kahteen eri osaan, objekti- ja metatasoon. Objektitason kognitiivista toimintaa on esimerkiksi muistaminen. Oppilas voi muistaa, että Helsinki perustettiin vuonna 1550. Metatason kognitiivista toimintaa havainnollistaa puolestaan kyky arvioida kyseisen muistitoiminnon luotettavuutta. Metataso on siten objektitason yläpuolella toimiva ajattelun kokonaisuus, joka voidaan nähdä yhtenä taitavan ja korkeatasoisen ajattelun piirteistä (Järvelä ym. 2006, 40). Metakognitiivisten taitojen sekä oppimaan oppimisen taitojen olennaisuus nykypäivänä on nähtävissä jo siinä, että se on yksi perusopetussuunnitelman laaja-alaisen osaamisen tavoitealueista (Opetushallitus 2014, 20–21). Lisäksi Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden määrittelemä oppimiskäsitys korostaa paikoin metakognitiivisten taitojen kehittymisen tärkeyttä: *“Oppimisprosessin aikana hän oppii työskentely- ja ajattelutaitoja sekä ennakoimaan ja suunnittelemaan oppimisen eri vaiheita.”* (Opetushallitus 2014, 16). Metakognitiiviset taidot ovat myös erityisesti osa äidinkielen oppimistavoitteita:

“Metakognitiivisista taidoista äidinkielen opetuksessa painottuvat tekstien tulkitseminen ja tuottamisen strategiset taidot.” (Opetushallitus 2014, 104).

Muisti on kognitiivinen perustaito, jolla rekisteröidä mieleen ja myöhemmin palauttaa asioita tietoisuuteen. Nykyisen psykologisen tiedon perusteella muistitoiminnot jaetaan kolmeen osaan. *Aistimuisti* on lyhytkestoisin muistin toiminto, joka käsittelee kaiken aisteilla havaitsemamme asiat, kuulemamme, näkemämme, tuntemamme ja niin edelleen. Aistimuisti pitää noin sekunnin keston tietoa muistissa, kunnes tarpeeton informaatio karsiutuu pois. Vain murto-osa aistimuistin sisällöstä siirtyy *työmuistiin*. Työmuisti on muistin toinen toiminto, jota käytämme aktiivisessa ajattelutyöskentelyssämme, kun käsittelemme useita asioita mielessämme. Tarkkavaisuusjärjestelmämme ohjaa työmuistin toimintaa. Työmuistin kapasiteetti pitää aktiivisesti asioita tietoisuudessa on joitain sekunteja. Aktiivisesti työmuistin avulla käsitelty informaatio siirtyy varsinaiseen muistisisältöömme *säilömuistiin*. (Eysenck 2018, 144–178.)

Visuospatiaaliset taidot tunnetaan myös nimellä avaruudellinen tai kolmiulotteinen hahmottamiskyky. Käytämme visuospatiaalista hahmottamiskykyämme havainnoidaksemme ympäristöämme ja arvioimalla ympärillämme olevaa tilaa ja siinä olevia liikkuvia ja liikkumattomia kappaleita kolmiulotteisessa suhteessa itseemme. Visuospatiaalisessa toiminnassa käytämme näköaistiamme sekä kuulo- ja tuntoaistiamme. (Närhi & Korhonen, 2006, 189–190.)

Toiminnanohjaus on kognitiivisten toimintojen kokonaisuus, jossa yhdistyvät toiminnan suunnittelu, taito asettaa itselleen yksi tai useampi tavoite ja kyky mukauttaa omaa toimintaa asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi. Toiminnanohjauksessa ilmenee taito kohdistaa huomio tehtävän kannalta olennaisiin seikkoihin ja taito jättää epäolennaiset seikat huomiotta sekä kyky ristiriitojen ratkaisemiseen (Närhi & Korhonen, 2006, 261). Toisinaan toiminnanohjauksen taitoihin mielletään näiden lisäksi myös muisti, omien tunteiden ja käyttäytymisen hallinta sekä kognitiivinen joustavuus eli kyky vaihtaa huomiota yhdestä asiasta toiseen ilman, että toiminnan tehokkuus kärsii (Moraine, 2015, 72–102).

Logiikka ja päättelytaidot käsittävät kyvyn deduktiiviseen päättelyyn. Käytännössä tämä tarkoittaa, että henkilö kykenee tiedostamaan, että oletusten pitäessä paikkaansa johtopäätös ei voi olla totta. Lisäksi loogiseen ajatteluun kykenevä henkilö tekee johdonmukaisia

päätelmiä syy-seuraussuhteista sekä kykenee tiedon integrointiin ja asiayhteyksien huomiointiin. (Seppälä 2013, 14–15.)

Koska tämän tutkielman lähdeaineistot sisältävät runsaasti englanninkielistä materiaalia, on tärkeää huomioda, että eräissä kohdissa englanninkielistä materiaalia käytetään sanoja *consciousness* sekä *attention*, suomeksi tietoisuus ja tarkkaavaisuus. Näiden sanojen erottaminen auttaa ymmärtämään tutkielmani sisältöä paremmin. Oppimistilanteessa oppilas voi tiedostaa asioita, toisin sanottuna olla tietoinen asioista, mutta tietoisuudella ja tarkkaavaisuudella on olennainen ero, joka määritellään *valikoivalla tarkkaavaisuudella*. Tarkkaavaisuus on siten henkilön tiedostama valinta, siinä missä tietoisuus on subjektiivinen kokemus. Tarkkaavaisuus taas yleisellä tasolla määritellään kognitiivisessa psykologiassa ja neurotieteessä kokonaisuudeksi, jossa toimivat vireystila, keskittyminen ja sen pitkäaikainen ylläpito eli vigilanssi. (Närhi & Korhonen 2006, 286–287).

3.2 Mayerin multimediaoppimisteoria

Mayer (2009) esittää niin kutsutun multimediaoppimisteorian oppimisen psykologiaa ja käytännön multimedian välistä suhdetta tutkiskelevassa teoksessaan *Multimedia learning*. Teoria esittää multimedian avulla tapahtuvan oppimisen kognitiiviset periaatteet. Multimediaoppimisteoriaa ohjaava oppimiskäsitys olettaa lähtökohtaisesti, että oppiminen on muutos oppijan tiedoissa, joissa aiemmat tietorakenteet muokkautuvat, järjestäytyvät uudelleen tai niihin liitetään uusia asioita. Oppiminen tapahtuu aina oppijan kognitiivisissa järjestelmissä, kuten havainnoinnissa, päättelyssä ja asioiden yhdistelyssä. Multimediaoppimisteorian perusteella oppimisesta oletetaan perustavanlaatuisesti kolme seikkaa. Ensimmäiseksi, ihmisen aivot käsittelevät visuaaliset sekä auditiiviset ärsykkeet erikseen. Tätä kutsutaan myös kaksoiskanavaperiaatteeksi. Toiseksi, ihmisen visuaalisia ja auditiivisia ärsykeitä käsittelevillä järjestelmillä on rajallinen kyky vastaanottaa informaatiota; ne voivat ylikuormittua, jolloin kaikkea informaatiota ei voida käsitellä. Tätä kutsutaan kognitiivisen ylikuormittumisen periaatteeksi. Kolmanneksi, muodostaakseen erillisistä tiedonpalasista johdonmukaisen ja järkevän kokonaisuuden, joka voidaan liittää aiemmin opittuihin tietorakenteisiin, oppijan on aktiivisesti harjoitettava kognitiivista prosessointia oppimistilanteessa; kognitiivista ponnistelua tarvitaan. (Mayer 2009, 59–68.)

3.3 Mitä teknologiaa hyödyntämällä tulisi oppia?

Teknologia on nykypäivänä suomalaisessa koulussa oppimisen kohde mutta ennen kaikkea oppimisen väline. Koska teknologisten laitteiden on tarkoitus olla työkalu oppimisprosessissa ja sen tehostamisessa, sen perimmäisenä tarkoituksena on nähtävä oppilaan auttaminen Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden saavuttamiseen. Matematiikan oppiaineen tehtävä on ohjata oppilaita ymmärtämään matemaattisia käsitteitä ja rakenteita sekä ratkomaan matemaattisia ongelmia. Lisäksi loogisen, täsmällisen ja luovan matemaattisen ajattelun kehitys korostuu. Näiden tavoitteiden toteutumista pyritään edesauttamaan teknologian avulla. (Opetushallitus 2014, 128, 234.) Äidinkielen oppiaineen tehtävä on ensisijaisesti kehittää oppilaan itseilmaisun taitoa, kielellistä tietoisuutta, puhumisen, lukemisen ja kirjoittamisen taitoa (Opetushallitus 2014, 104).

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet tuo esille myös olennaisia oppiaineiden ulkopuolisia oppilasta koskevia tavoitteita. Esimerkiksi vuosiluokilla 1-2 tärkeitä osia koululaisen kehityksessä ovat kielelliset ja sosiaaliset taidot, motoriikka sekä muisti. (Opetushallitus 2014, 98.) Koska näistä kaikki paitsi sosiaaliset taidot ovat kognitiivisia kykyjä, ne on otettava huomioon tarkasteltaessa teknologian vaikutuksia oppilaaseen.

Yhteenvetona esitän, että tässä tutkielmassa tarkastelen siis tieto- ja viestintäteknologian vaikutuksia oppilaan tarkkaavaisuuteen, ajattelun taitoihin, muistiin, havainnointikykyyn, matematiikan ja äidinkielen taitoihin, motoriikkaan, toiminnanohjauksen taitoihin ja visuospatiaalisiin taitoihin.

4 Tutkimuksia teknologian opetuskäytön vaikutuksista

4.1 Oppimista edistäviä vaikutuksia

Bosin (2009) tutkimuksessa koeryhmänä toimineet yhdeksänkymmentävuotiaat matematiikassa keskitasoon nähden heikosti menestyvää oppilasta testasi TI InterActive -nimistä oppimisympäristöä, jonka pedagogista, matemaattista sekä kognitiivista tarkkuutta matematiikan oppimisen kontekstissa testattiin. Tutkimuksen kokeessa oppilaat jaettiin koe- ja kontrolliryhmään. Neljäkymmentäkahdeksan oppilasta käsittävä koeryhmä käytti IT InterActive -oppimisympäristöä, jonka avulla he ratkoivat ikätasonsa, eli yläaste- ja lukiotason mukaisia matematiikan tehtäviä. Sekä koe- että kontrolliryhmän matematiikan suoritustaso mitattiin ennen koetta ja sen jälkeen asteikolla 1-5. Todettiin, että koeryhmän suoritustaso nousi keskiarvosta 2,46 arvoon 3,21 verrokkiryhmän suoritustason laskiessa arvoon 2,25. Koeryhmälle laskettu Cohenin d :n arvoksi laskettiin 0.68, minkä perusteella voitiin päätellä, että teknologia-avusteisesti matematiikan opiskelu oli tehokkaampaa perinteiseen opetukseen nähden. (Bos 2009, 524–527.)

Outwaithe (2017) osoitti tutkimuksessaan älytabletilla suoritettavien matematiikan tehtävien nostavan tilastollisesti merkittävästi varhaisia matematiikan taitoja 4-7 -vuotiaiden keskuudessa. Suurin mitattu kehitys tapahtui niissä lapsissa, joiden matemaattinen lähtötaso oli ikäryhmän keskiarvoon nähden heikompi. Suurta matemaattisen osaamistason parantamista osoittivat myös ne lapset, keiden muistin oltiin ennen koetta mitattu olevan ikätason keskiarvoon nähden heikompi. Tutkimuksessa suoritettiin neljä erillistä koetta, joilla tutkittiin yksinkertaisten matemaattisten periaatteiden hallintaa ennen älytabletti-interventiota, sen aikana sekä sen jälkeen. Kokeissa tutkittiin myös sosioekonomisen aseman, äidinkielen ja matemaattisten taitojen välisiä korrelaatioita. Tutkimuksen ensimmäiseen kokeeseen osallistui kuusikymmentäyksi 4-6 -vuotiasta lasta. Kokeessa lapset pelasivat ohjatusti älytabletilla matematiikkaan liittyvää peliä 30 minuuttia päivässä kuuden viikon ajan. Huomattiin, että kuuden viikon jälkeen lasten matemaattiset taidot niissä osa-alueissa, jotka kuuluivat paikalliseen opetussuunnitelmaan olivat kehittyneet tilastollisesti merkittävästi ($p < 0.001$,

cohenin $d = 1.0$). Lisäksi laskettiin erikseen korrelaatiokertoimen arvo matemaattisten laskutaitojen osaamisen muutokselle, jonka todettiin olevan tilastollisesti merkitsevä arvolla $p < 0.008$. Lasten matemaattiset laskutaidot olivat siis intervention myötä kehittyneet. (Outwaithe, Gulliford, Pitchford 2017, 44–48.)

Outwaitheen tutkimuksen toisessa ja kolmannessa kokeessa interventio suoritettiin kahdelle eri ryhmälle ja intervention pituutta lisättiin. Toisessa kokeessa koeryhmänä toimi kahdeksantoista 4-5 -vuotiasta lasta kolmentoista viikon ajan. Kolmannessa kokeessa koeryhmänä toimi kaksikymmentäseitsemän 5-7 -vuotiasta lasta, joiden matemaattinen osaamistaso oli ikäryhmän keskitasoon nähden heikkoa. Intervention jälkeen havaittiin, että 4-5 -vuotiaiden ryhmässä paikallisen opetussuunnitelman matematiikan osaamisalueihin liittyvä osaaminen ($p < 0.001$, cohenin $d = 1.3$) sekä matemaattiset laskutaidot ($p < 0.001$, cohenin $d = 1.0$) olivat kehittyneet tilastollisesti merkittävästi. Myös heikosti menestyvien 5-7 -vuotiaiden ryhmässä huomattiin merkittävää kehittymistä. Opetussuunnitelman matematiikan osa-alueisiin liittyvä osaaminen ($p < 0.001$, cohenin $d = 1.8$) ja matemaattiset laskutaidot ($p < 0.001$, cohenin $d = 1.2$) kehittyivät tilastollisesti merkittävästi. (Outwaithe ym. 2017, 49–52.)

Koska tutkimuksen kolmen kokeen ongelmana oli koeryhmän ikää vastaavan kontrolliryhmän puute, suoritettiin vielä neljäs koe, jossa tarkasteltiin älytabletti-intervention vaikutusta suhteellisen heikosti menestyviin 4-5 -vuotiaisiin oppilaisiin verrattuna saman luokan hyvin menestyviin oppilaisiin, jotka saivat tavallista opetusta ilman älytablettia. Interventio suoritettiin 16 viikon aikana ja päivittäinen älytabletilla matematiikan harjoitteluun käytettävä aika vähennettiin 50 prosentilla. Kokeeseen osallistui kaksitoista heikosti menestyvää 4-5 -vuotiasta ja 15 hyvin menestyvää ikävertaista samalta luokalta. Tutkimuksessa havaittiin, että kumpikin ryhmä osoitti tilastollisesti merkittävää osaamistason kehittymistä (kunkin ryhmän kohdalla $p < 0.001$, efektikoot koeryhmälle 3.3 ja kontrolliryhmälle 2.5) opetussuunnitelman osa-alueisiin liittyvässä osaamisessa. Siten tutkimuksesta voitiin kokonaisuudessaan todeta, että älytabletilla toteutettava, hyvin suunniteltu ja riittävän säännöllisesti järjestetty opetus oli tavalliseen matematiikan opetukseen nähden tehokkaampaa. (Outwaithe ym. 2017, 52–55.)

Greenfield (2009) esittää, että koska uusi sukupolvi on kasvanut valtavan informaatiomäärän ympäröimänä, heissä on esimerkiksi visuaalinen muisti, spatiaalinen hahmotuskyky ja muut visuospatiaaliset taidot kehittyneet vanhempiin sukupolviin nähden tarkemmiksi. Toiseksi,

uuden sukupolven kyky niin kutsuttuun multitaskingiin eli monien asioiden yhtäaikaiseen tekemiseen on vanhempiin sukupolviin vahvempi. Kolmanneksi hän mainitsee, että uudessa sukupolvessa on nähtävissä myös suurempaa kykyä hienomotorisiin taitoihin. Esimerkiksi tutkimus laparoskopian eli vatsaontelotähystyksen suorittamisen ja toimintavideopelien pelaamisen taitojen yhteydestä osoitti positiivisia tuloksia; koehenkilöt, jotka menestyivät keskitasoa paremmin nopeatempoisessa toimintapelissä menestyivät myös paremmin tarkkuutta ja hienomotoriikkaa vaativassa laparoskopian suorittamisessa. Viimeiseksi, Greenfield esittää, että informaatioteknologisen kehityksen ansiosta ihmisten mitattu älykkyys säilyy keskimäärin selvästi korkeammalla myöhäisempään ikään asti. (Greenfield 2009, 69–70.)

I-Fang sekä Hwa-Wei (2016) tutkivat perinteisen lukutaidon ja verkossa tapahtuvan lukemisen ja tiedonhaun osaamisen välisiä yhteyksiä. Heidän tutkimuksessaan verkossa tapahtuva lukeminen (*online reading ability*) määriteltiin kyvyksi 1) etsiä, järjestää, analysoida ja integroida suuria määriä informaatiota 2) kyvyksi arvioida ja valita käytettäväksi tehtävän kannalta olennaista tietoa ja 3) kyvyksi prosessoida informaatiota ja esittää tuloksia. (I-Fang & Hwa-Wei 2016, 287.) Tutkimuksessa pyrittiin ensisijaisesti selvittämään, kuinka tarkasti ja luotettavasti perinteinen lukutaito ennustaa ja selittää verkkolukutaitoa. Tutkimuksessa 121 neljäsluokkalaista, 115 viidesluokkalaista ja 148 kuudesluokkalaista osallistui ensiksi kiinankieliseen kaksitoista artikkelia sekä 100 kysymystä sisältävään luetun ymmärtämisen kokeeseen. Kokeen jälkeen koehenkilöt suorittivat kaksikymmentäviisi kysymystä sisältävän verkkolukutaitoa testaavan kokeen. Kokeen kysymykset keskittyivät tiedonhakuun, sen käyttökelpoisuuden arviointiin ja tiedon integroimiseen. Lopuksi koehenkilöt vastasivat verkkolukutaitoa käsittelevään itsearviointiin. Tuloksissa havaittiin, että perinteinen lukutaito selitti tilastollisesti erittäin merkitsevästi verkkolukutaitoa, kun taas oppilaan informaatioteknologinen osaaminen selitti verkkolukutaitoa huomattavasti heikommin. Tutkimus osoittaa siten osaltaan sen, että perinteinen lukutaito määrittää muunlaista lukemistaidon tasoa, kuten tässä tapauksessa verkkolukutaitoa. Siinä missä esimerkiksi kotona tapahtuva lukeminen lisääntyy nykypäivänä verkossa huomattavasti, on kouluissa ja kotona kiinnitettävä huomiota siihen, että perinteisen lukemisen harjoittelua suoritetaan riittävästi. (I-Fang ym. 2016, 289–291.)

Shannon (2013) puolestaan on tutkinut lukemistaitoa kehittävän tietokoneohjelman käyttöön vietettävän ajan ja lukemistaidon kehittymisen välistä yhteyttä. Tutkimukseen osallistui kahdeksankymmentäyhdeksän ensimmäisen luokan oppilasta. Koehenkilöt harjoittelivat lukemisen taitoja *Ticket to Read* -nimistä tietokoneohjelmaa käyttäen. Kukin oppilas suoritti suullista lukemisen sujuvuutta testaavan DIBELS-kokeen vuoden 2011 tammi- ja toukokuussa. Korrelaatiokertoimet laskettiin tietokoneohjelman parissa vietetyn ajan ja tammi- ja toukokuun väliseen DIBELS-testitulosten muutosten välille. Tuloksissa havaittiin tilastollisesti heikosti merkitsevä yhteys. Vapausasteluvuksi määritettiin (*df*) $n-2 = 85$ ja yksisuuntainen hypoteesin testaus osoitti, että tilastollisesti merkittävään positiiviseen korrelaatioon vaadittiin $r > 0.1775$. Koska laskettu arvo $r = 0.194$ ($p = 0.036$) oli positiivisen yhteyden vähimmäisvaatimusta vain hieman suurempi, pääteltiin, että tulos oli vain heikosti merkitsevä. Lukutaidon harjoittelu tietokoneohjelmalla tuottaa siis tuloksia, mutta satunnaisten tekijöiden vaikutus tulokseen on melko suuri, eikä tulosta voi yleistää kovin laajalti. (Shannon 2013, 54.)

Toisaalta Tyler, Hughes ja Beverley (2015) havaitsivat tutkimuksessaan, että lukemistaidon kehittämiseen tähtäävää tietokoneohjelmaa käyttämällä on mahdollista parantaa erittäin tehokkaasti 6-7 -vuotiaiden lukutaidon kehittymistä (Tyler, Hughes, Beverley, Hastings 2015, 281). Tutkimus eteni seuraavalla tavalla: viisikymmentäyksi pohjois-walesilaista oppilasta osallistui tutkimukseen. Heistä kaksikymmentäviisi sijoitettiin koeryhmään ja kaksikymmentäkuusi kontrolliryhmään. Koeryhmässä oppilaat harjoittelivat lukutaitoa kahdeksankymmentä 20-minuuttista oppituntia sisältävällä *Headsprout Early Reading* -ohjelmalla päivittäin 45 minuutin ajan. Ennen interventiota ja sen jälkeen kaikki tutkimukseen osallistuneet oppilaat suorittivat suullista lukutaitoa, luetun ymmärtämistä sekä sanantunnistusta testaavat kokeet, jonka jälkeen kehityksen eroja vertailtiin koe- ja kontrolliryhmien välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että intervention jälkeen suullisessa lukutaidossa 73% oppilaista koeryhmässä osoitti parempia koetuloksia, kun taas kontrolliryhmässä 47% oppilaista onnistui parantamaan koetulostaan. Koeryhmästä sanantunnistuskokeessa 80% koeryhmästä onnistui parantamaan koetulostaan, kun taas kontrolliryhmässä noin 24% paransi koetulostaan. Luetunymmärtämisen kokeessa 40% koeryhmän oppilaista paransi koetulostaan intervention jälkeen, kun kontrolliryhmässä alle 20% paransi suoritustaan. Kaikissa tapauksissa todettiin siis, että tietokoneavusteinen opetus

tuotti tavalliseen opetukseen verrattuna parempia oppimistuloksia. (Tyler ym. 2015, 287–289.)

Luckin ja Hammerton (2002) tutkivat interaktiivisia oppimisympäristöjä, joiden avulla pyrittiin vahvistamaan oppilaiden metakognitiivisia taitoja. Heidän tutkimuksessaan 32 oppilasta (joista 16 poikaa ja 16 tyttöä) ikävuosien 9-11 väliltä opiskelivat ravintoketjuihin liittyviä asioita. Tutkimuksessa käytettiin *Ecolab I* sekä *Ecolab II* -nimisiä interaktiivisia oppimisympäristöjä. Näistä jälkimmäinen tarjosi mahdollisuuksia oppilaan metakognitiivisen ajattelun ohjaamiseen. Kaikki tutkimukseen osallistujat suorittivat CAT-testin (*Cognitive ability test*) ennen koetta. Tutkimuksessa havaittiin, että vain parhaiten CAT-testissä menestyneet oppilaat kykenivät osoittamaan Ecolab I-ympäristössä riittävää ymmärrystä omasta osaamisestaan, kun taas Ecolab II-ympäristössä suurinta kehitystä metakognitiivisissa taidoissa osoittivat CAT-testissä heikosti menestyneet oppilaat. Kokeen jälkeinen varianssianalyysi osoitti tulosten olevan merkitsevä ($p = 0.05$). Ecolab II-oppimisympäristö siten auttoi oppilaita vaikuttamaan itse siihen, kuinka haastavien tehtävien parissa hän työskenteli ja milloin lisäapu oli tarpeen, toisien sanoen oppilaan metakognitiivisia taitoja onnistuttiin vahvistamaan. (Luckin & Hammerton 2002, 760–767.)

Myös Hakkarainen ja Sintonen (2002) tutkivat teknologian potentiaalia mahdollistaa keskeisten ajattelun taitojen kehittymistä: ajattelun rakentumista, konstruktivistista tiedon rakentelua, kysymistä ja selittämistä. Heidän tutkimuksessaan kaksikymmentäkahdeksan 10-11 -vuotiasta koehenkilöä käytti CSILE-oppimisympäristöä työskennellessään viiden eri luonnontieteen projektin parissa. Projektien aikana oppilaat rakentelivat tekstejä sekä karttoja liittyen työstettäviin aiheisiin verkkoympäristössä. Oppilaiden tehtävänä oli jättää toisille oppilaille mahdollisimman hyviä kysymyksiä verkkoympäristöön, jossa toiset oppilaat lukivat niitä ja vastasivat niihin myös jatkokysymyksiä esittäen. Kysymykset kirjattiin ylös, ne ryhmiteltiin eri luokkiin ja toisten oppilaiden niille antamien vastausten kognitiivinen arvo määritettiin asteikolla 1-4. Tutkimuksen kvalitatiivinen analyysi osoitti, että yli 90 % oppilaiden laatimista kysymyksistä oli selityshakuisia, mikä osaltaan osoitti projektien synnyttäneen kehittyneitä kognitiivisia ajattelutoimintoja; selityshakuisten kysymysten esittäminen on kognitiivisella tasolla suhteellisen korkea ajattelutoiminto. Tutkimuksessa havaittiin myös, että mitä enemmän oppilas oli esittänyt sekä kysymyksiä että

jatkokysymyksiä verkkoympäristössä, sitä korkeammin hänen toisen oppilaan kysymykseen antama selityksensä oli pisteytetty. Tulos osoittaa, että verkkoympäristö mahdollisti ajatteluprosessien jalostumisen ja kehittymisen. (Hakkarainen & Sintonen 2002, 29–38.)

4.2 Oppimista heikentäviä vaikutuksia

Bos (2009) esitti matematiikan laskutaitojen kehittymiseen tietokoneavusteisen ohjelman avulla perehtyneessä tutkimuksessaan, että opetusteknologian pedagogiseen käyttöhyötyyn liittyy muun muassa se ehto, ettei teknologinen laite kiehtovine ominaisuuksineen saa itsessään olla mielenkiinnon tai huomion kohde. Teknologisten laitteiden käyttöä ei tulisi joutua myöskään opettelemaan ennen kuin välinettä voidaan käyttää matemaattisten tehtävien pohdintaan ja ratkaisemiseen. (Bos 2009, 522.)

Schmid (2008) puolestaan esittää älytaulun käyttöä englannin kielen opetuksessa tutkineessa julkaisussaan useita opetusteknologian oppilaille aiheuttamia välittömiä haittoja. Tutkimuksessa koeryhmänä toiminut oppilasjoukko kertoi oppimistilanteiden kehkeytyvän useasti ylikuormittavaksi. Ylikuormittavuuden tunteen kerrottiin johtuvan suuresta visuaalisten ärsykkeiden määrästä, joita tuli pystyä käsittelemään keskittymällä samalla auditiivisesti tapahtuvaan opetuspuheeseen. Oppilaille esitettävän visuaalis-auditiivisen tietomäärän kasvaessa tulisi opetuksen edetä hitaammin, jotta oppilailla olisi riittävästi aikaa muodostaa oikeita asiayhteyksiä oppiaiheessa. Lisäksi koeryhmän oppilaat kertoivat kokevansa laiskistuvan ja mielikuvituksensa turtuvan. Kysymys oli siitä, että opettaja - käyttäen hyväksi visuaalisten apuvälineiden esittää tehokkaammin syy-seuraussuhteita - tarjosi oppilaille valmiita ratkaisuja ja selityksiä kysymyksiin ilman, että oppilaiden olisi tarvinnut itse harjoittaa kognitiivista ponnistelua asian ymmärtämiseksi. (Schmid 2008, 1562–1564.)

Hembrooken ja Gayn (2003) jaettua huomiota koskevassa tutkimuksessa osoitettiin multitaskingin heikentävän merkittävästi oppimistuloksia yliopistotason koulutuksessa. Tutkimukseen osallistui neljäkymmentäneljä opiskelijaa, jotka jaettiin koe- ja kontrolliryhmään sattumanvaraisesti. Koeryhmälle annettiin lukukauden ajaksi käyttöön kannettavat tietokoneet, joiden opiskelukäyttöön kehoitettiin. Yhdellä lukuvuoden luennoista koeryhmä osallistui luennolle normaaliin tapaan samalla, kun kontrolliryhmä osallistui

opetukseen toisessa luokassa. Ryhmät vaihtoivat luokahuoneita opetuksen jälkeen, ja luento toistettiin kontrolliryhmälle, joka ei käyttänyt kannettavia tietokoneita opetuksen aikana. Kokeen viimeisenä osana osallistujat suorittivat kaksikymmentä kysymystä sisältävän kokeen pidetyn luennon aiheista, joista puolet testasivat kokelaan muistia. Koe toistettiin muutama kuukausi myöhemmin luotettavuuden lisäämiseksi. Havaittiin, että tietokonetta luennolla käyttäneet oppilaat suoriutuivat kokeesta heikommin kontrolliryhmään verrattuna kokeen kokonaispistemäärässä ja muistia testaavassa osuudessa (kokonaispistemäärä $p < 0.04$, kokeen muistiosuus $p < 0.03$). Kun koe toistettiin myöhemmin uudestaan, tilastollisesti merkittävät yhteydet toistuivat edelleen samoilla osa-alueilla ($p < 0.004$, $p < 0.02$). Oppilaille jaetuilla tietokoneilla tarkkailtiin niitä verkkosivuja, joilla oppilaat vierailivat. Kokeeseen liittyvän luennon aikana opettaja toi esille kolme luennon aiheeseen liittyvää URL-osoitetta. Edelleen havaittiin, että oppilaat, jotka käyttivät luennolla aikaa oppituntiin liittyvien verkkosivujen selailuun pärjäsivät kokeen muistia testaavassa osuudessa heikommin kuin ne, jotka viettivät enemmän aikaa oppituntiin liittymättömiin sivustoihin. ($p < 0.02$, $p < 0.03$). (Hembrooke & Gay 2003, 51–53.)

Annettan (2009) suorittamassa tutkimuksessa tarkasteltiin, oppivatko lukio-oppilaat genetiikkaan liittyviä ilmiöitä syvemmin tietokoneavusteisesti ja opiskelivatko oppilaat aktiivisemmin, kun opetus toteutettiin opettajan johdolla ja MEGA-sovellusta käyttämällä (*Multiplayer Educational Gaming Application*) verrattuna perinteiseen luokahuoneessa tapahtuvaan opiskeluun. Tutkimuksessa kuusikymmentäkuusi 14–18-vuotiasta oppilasta käsittävä koeryhmä pelasi genetiikkaa opettavaa opetuspeleä luokassa yhdeksänkymmenen minuutin ajan ryhmän jäsenten työskennellessä pareittain. Kontrolliryhmä ei opiskellut asiaan liittyviä biologian ilmiöitä tietokoneavusteisesti, vaan opiskelemalla luokahuoneessa opettajan johdolla. Oppimissuoritusten muutosta sekä koe- että kontrolliryhmissä tarkasteltiin ottamalla huomioon oppilaan biologiasta saama arvosana kolmesta edellisestä todistuksesta ja vertaamalla niitä kokeen jälkeiseen suoritukseen. Opiskelun aktiivisuutta arvioitiin neljän toimintakategorian perusteella, joista kukin sisälsi kolmesta viiteen erilaista oppimiseen liittyvää toimintaa, joita aktiivinen oppilas tyypillisesti osoittaa, kuten sinnikäs keskittyminen ja kysymysten esittäminen. Tutkimuksessa ei löydetty tilastollisesti merkitsevää yhteyttä MEGA-sovelluksella pelaamisen ja parempien biologian oppimistulosten välillä. Tutkimuksessa havaittiin MEGA-sovelluksella pelaamisen nostavan aktiivisemmän opiskelun

määrää aktiivisuutta arvioitaessa neljän toimintakategorian perusteella. (Annetta, Minogue, Holmes, Cheng 2009, 77–80.)

Gomezin, Sotelon, Higuera ja Mendozan (2016) suorittamassa tutkimuksessa tarkasteltiin 431 oppilaan oppimistuloksia liittyen aivojen evoluutioon. Tutkimusta varten kehitettiin ihmisaivojen evoluutiota opettava peli, jota tutkimukseen osallistuneet oppilaat pelasivat. Tutkimuksessa mitattiin pelissä etenemisen yhteyttä arvosanaan, jonka kukin oppilas sai aivojen evoluutiota käsittelevästä kokeesta. Ensiksi kullekin oppilaalle määritettiin arvosana asteikolla 0-5 sen mukaan, kuinka pitkälle he olivat edenneet pelissä. Pelaamista seurasi aivojen evoluutiota käsittelevä koe, jossa oppilaille määritettiin arvosana samalla asteikolla. Muuttujien välille määritettiin spearmanin korrelaatiokertoimen arvo. Tutkimuksen toisessa osassa pelistä kerättiin palautetta oppilaita haastatteleamalla. Vastaukset sijoitettiin kahteen kategoriaan, *viihdyttämiseen* ja *oppimiseen*. Tutkimuksen oletuksena oli, että kyseinen opetuspeleli olisi käyttökelpoinen opetusväline, mikäli oppilaat saisivat sitä parempia arvosanoja kokeesta mitä pidemmälle he olivat edenneet opetuspelissä. Tutkimuksessa näiden kahden muuttujan välille määritetyn spearmanin korrelaatiokertoimen arvoksi saatiin $p = 0.336$, mitä voidaan pitää heikkona korrelaationa. Tulos tulisi tulkita siten, ettei opetuspeleli saavuttanut riittävän hyvin tarkoitustaan opettaa tehokkaasti aivojen evoluutiota. (Gomez, Sotelo, Higuera, Mendoza 2016, 121–125.)

Greenfield (2009) on esittänyt laajamittaisesti tietotekniikan erilaisia vaikutuksia lapsiin ja nuoriin. Greenfield on esittänyt nopeatempoisten pelien pelaamiseen liittyviä vaaroja; hänen mukaansa nuoren itsearviointi- ja analyttiset taidot heikkenevät, kun aikaa käytetään säännöllisesti nopeatempoisiin, kuten esimerkiksi ensimmäisen persoonan ammuntapeleihin. Syyksi tälle on todettu se, että nopeatempoisilla peleillä on videopelien maailmassa yleisesti piirteenä rangaista pelaajaa, joka pysähtyy harkitsemaan ja miettimään omaa toimintaansa pelissä. Esimerkiksi vastapelaaja ehtii hyökätä toisen kimppuun, tai pelin aika loppuu. Greenfield korostaa myös että videopeleillä on epäsuora vaikutus kriittisen lukutaidon heikkenemiseen. Kriittisen lukutaidon heikkenemisen hän on esittänyt johtuvan kahdesta syystä: ensinnäkin on huomattu, että oppilaat, jotka käyttävät videopeleihin aikaa koulun ulkopuolella käyttävät vähemmän aikaa lukemisen harjoitteluun. Toiseksi, videopelit ja muut tietotekniset välineet esittävät suuria tietomääriä helposti ymmärrettävästi. Monissa

tapauksissa tämä johtaa siihen, ettei oppilas tule suorittaneeksi riittävästi kognitiivista ponnistelua vaativaa työtä, esimerkiksi kirjojen lukemista. (Greenfield 2009, 71.)

Cavanaugh (2016) on tutkinut nykyaikaisten teknologisten välineiden vaikutuksia ihmisen muistin toimintaan. Hänen mukaansa neljä viidesosaa 8—18 -vuotiaista harjoittavat nykypäivänä niin kutsuttua *multitaskingia*, eli useampien asioiden tekemistä yhtä aikaa. Multitasking vaatii suorittajaltaan tehtävien jatkuvaa, nopeaa vaihtamista yhdestä asiasta toiseen, huomion uudelleen suuntaamista ja asioiden yhtäaikaista prosessointia. Uuden sukupolven kasvaessa monien asioiden yhtäaikaisessa tekemisessä - huomion siirtyessä puhelimesta pelikonsoliin ja sieltä edelleen esimerkiksi koulutehtäviin tai television uutisvirtaan - syvällinen keskittymiskyky ei saa riittävästi mahdollisuuksia kehittyä. Multitaskingin aikaansaannoksena on eräänlainen kognitiivinen läsnäolottomuus (Cavanaugh 2016, 378), millä tarkoitetaan sitä, että ihmisen työmuistin kapasiteetti on yhtäaikaisesti jaettu useamman asian käsittelemiseen. Cavanaughin mukaan kognitiivinen ylikuormittuminen estää tiedonsiirron työmuistista pitkäkestoiseen muistiin. Seurauksena informaatiota ei välttämättä käsitellä loppuun asti tai sitä ei yhdistetä aiemmin opittuihin asioihin. Koska ymmärtäminen riippuu kyvystä säädellä työmuistin kuormitusta, jaetun huomion aiheuttama kognitiivinen ylikuormitus vahingoittaa syvällistä ymmärtämistä. Tällöin tietysti etuna on tehokkuus, monien asioiden yhtäaikainen suorittaminen, mutta suorittamisen tehokkuus kunkin tehtävän asian kohdalla kärsii. Lisäksi Cavanaugh esittää, että maailman ja koulujen digitalisaation myötä oppilaiden kyky kriittiseen ajatteluun on heikentynyt. (Cavanaugh 2016, 378–379.)

Bergen, Grimes ja Potter (2005) esittävät tutkimustuloksia teknologian muistia heikentävistä vaikutuksista. Heidän tutkimuksessaan testattiin kokeellisesti, kuinka paljon osallistujat muistaisivat heille näytetystä uutisvirrasta tietoa. Kokeeseen osallistui kuusikymmentä henkilöä. Koe suoritettiin seuraavassa järjestyksessä: osallistujat jaettiin kahteen ryhmään. Ensimmäiseksi koeryhmälle näytettiin 5x5 -kokoinen ruudukko 650 millisekunnin ajan, joka piti sisällään kolme sattumanvaraisesti sijoitettua mustaa pistettä. Tämän jälkeen koeryhmälle esitettiin kaksitoista sekuntia kestävä, visuaalisesti runsaasti informaatiota sisällään pitävä televisiouutinen. Kontrolliryhmälle suoritettiin koe muutoin samalla tavalla, paitsi visuaalisesti esitettävä uutinen oltiin editoitu siten, että vain uutistenlukija oli nähtävillä; tekstilaatikoita, liukuvaa informaatiovirtaa tai muuta uutisille tyypillisiä visuaalisia

elementtejä ei ollut. Koe toistettiin neljä kertaa: jokaisella kerralla 5x5 -ruudukko piti kolme mustaa pistettä eri kohdissa ja uutistarina oli jokaisella kerralla erilainen. Ruudukon ja uutistarinan esittämisen jälkeen sekä koe- että kontrolliryhmiä pyydettiin piirtämään ja kirjoittamaan pisteiden paikat tyhjään ruudukkoon ja kirjoittamaan muistamansa seikat uutistarinasta. Vastaukset pisteytettiin ja niille laskettiin korrelaatiokertoimen arvot. Tutkimuksessa havaittiin, että runsaasti informaatiota sisältävälle uutisvirralle altistuneet koehenkilöt muistivat tilastollisesti merkitsevästi vähemmän tietoa, kuin yksinkertaistetulle uutistarinalle altistuneet ($p < 0.01$). Kokeen jokaisella toistokerralla havaittiin tilastollisesti merkitsevä korrelaatiokertoimen arvo uutistarinoissa kerrottujen asioiden muistamiselle. Tämän perusteella voitiin todeta, että visuaalisen informaation määrä on yhteydessä muistin heikkenemiseen. (Bergen, Grimes & Potter 2005, 6–22.)

5 Tutkielman johtopäätökset

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2014, 128) pohjalta tiedämme yleisellä tasolla, että sellaisia oppimisen tavoitteita, jotka liittyvät teknologiaan ja oppimiseen, ovat matemaattisten käsitteiden ja rakenteiden ymmärtäminen sekä kyky ratkoa matemaattis-loogisia ongelmia. Äidinkielessä tavoitteita ovat lukemisen, kirjoittamisen, itseilmaisun taidot, kielellisen tietoisuuden kehittäminen sekä puhumisen taidot (Opetushallitus 2014, 104). Lisäksi opetussuunnitelman laaja-alaisen osaamisen tavoitteet ovat rinnastettavissa teknologian ja oppimisen piiriin; ajattelu ja oppimaan oppiminen sekä monilukutaito (Opetushallitus 2014, 20-22) korostuvat tarkasteltaessa teknologian vaikutuksia oppilaan kognitiivisiin taitoihin. Erityisesti näitä taitoja teknologian avustuksella tapahtuvan oppimisen tulisi kehittää. Kun tarkastelemme kokoavasti opetuksessa sekä opetuksen ulkopuolella käytettävän teknologian hyötyjä, voidaan niiden huomata kohdistuvan matemaattisten taitojen kehittymiseen, lukemisen taitoihin, hienomotoriikkaan sekä metakognitiivisiin oppimistaitoihin.

Bosin (2009) tutkimuksessa todettiin TI-InterActive -oppimisympäristön avulla tapahtuvan matematiikan laskujen harjoittelun nostavan oppilaan suoritustasoa tehokkaammin, kun sitä verrattiin perinteiseen opetukseen. Lisäksi Outwaithe'n tutkimuksessa tehtyjen kokeiden perusteella matematiikan taitojen havaittiin kehittyvän 4-7 -vuotiaiden keskuudessa älytabletilla suoritettavan intervention avulla merkittävästi. Koeryhmien suoritustasoa verrattaessa kontrolliryhmän matemaattisiin suorituksiin, jotka eivät käyttäneet älytablettia matematiikan opiskelussa havaittiin, että älytabletin avulla oppilaat ylsivät parempiin suorituksiin matematiikassa. Suurinta osaamistason kehitystä nostivat ne oppilaat, jotka olivat ikätason keskiarvoon nähden heikkoja suorittajia matematiikassa. Näiden havaintojen perusteella matematiikan taitojen voidaan katsoa kehittyvän teknologia-avusteisen opetuksen kautta valtakunnallisen opetussuunnitelman asettamien tavoitteiden mukaisesti.

Greenfield (2009) esitti, että uusi sukupolvi osoittaa huomattavaa kykyä multitaskingiin sekä monissa tapauksissa tavallista korkeampaan hienomotoriikkaan. Hänen mukaansa

informaatioteknologinen kehitys on osaltaan johtanut myös siihen, että ihmisten mitattu älykkyyden taso säilyy korkeammalla myöhäisempään ikään asti.

I-Fang sekä Hwa-Wei (2016) muistuttivat tutkimuksellaan, että lukemisen perustaidot ovat välttämättömiä verkkolukutaidon kehitykselle. Yhteiskunnassa, jossa oppilaan on kyettävä toimimaan informaatioteknologisessa ympäristössä, vaatii hyvää verkkolukutaitoa, eli taitoa valita, tulkita ja yhdistellä tietoa. Tutkimus osoittaa, että peruslukutaidon hyvä kehitys edesauttaa oppilaan monilukutaidon kehittymistä. Perusopetussuunnitelma sanoo monilukutaidosta seuraavaa: *“Monilukutaito merkitsee taitoa hankkia, yhdistää, muokata, tuottaa, esittää ja arvioida tietoa eri muodoissa, eri ympäristöissä ja tilanteissa--”* (Opetushallitus 2014, 22). Tutkimuksen määritelmä verkkolukutaidosta perustui nimenomaisesti taitoihin etsiä ja yhdistellä saatavilla olevaa tietoa ja arvioida sen käyttökelpoisuutta, jonka jälkeen hankitusta tiedosta tuli osata rakentaa yhtenäinen esitys. Tämän tulkinnan mukaan teknologiasta on hyötyä monilukutaidon kehitykselle, mikäli oppilaan lukemisen perustaidot ovat hyvin kehittyneet.

Shannon (2013) osoitti tutkimuksessaan, että lukutaitoa voitaneen kehittää merkittävässä määrin teknologiaa hyödyntämällä. Huolimatta siitä, että tutkimuksen tulos osoitettiin positiiviseksi, tulosten analysoinnissa laskettu korrelaatiokertoimen vahvuus oli vain heikosti positiivinen. Toisaalta, Tyler, Hughes ja Beverley (2015) suorittivat vastaavanlaisen kokeen, jossa teknologia-avusteinen lukemistaidon harjoittelu osoittautui hyvin merkittäväksi. Lienee mahdollista, että tutkimusten tulosten erilaisuuteen on voinut vaikuttaa suoritettujen intervention pituus ja harjoituskertojen tiheys intervention aikavälin sisällä; Shannonin tutkimuksessa tulokseen vaikuttivat luultavasti lasten sosio-ekonominen asema (Shannon 2013, 14) kun taas Tylerin ja muiden tutkimuksessa verkko-oppituntien määrä oli korkea, ja oppilas ei voinut siirtyä eteenpäin ennen kuin hän oli saavuttanut riittävän taitotason (Tyler ym. 2015, 290-291). Kummassakin tutkimuksessa teknologian vaikutus kielen oppimiseen oli positiivinen, joten on syytä olettaa, että Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mainitsemaa lukemistaitoa voidaan tehostaa teknologia-avusteisesti.

Luckin ja Hammerton (2002) sekä Hakkarainen ja Sintonen (2002) osoittivat tutkimuksillaan teknologisten oppimisympäristöjen voivan kehittää oppilaan ajatteluprosessin rakentamisen taitoja sekä metakognitiivisia ajattelun taitoja. Vaikka Luckinin ja Hammertonin tutkimuksen

tulos oli juuri ja juuri tilastollisen merkitsevyyden rajalla, Hakkaraisen ja Sintosen tutkimuksen vahvasti tilastollinen merkittävä tulos vahvistaa sen. Tutkimusten osalta voidaan katsoa, että teknologiaa opetuksessa hyödyntämällä oppilaan ajattelun taitoja voidaan vahvistaa. Luckinin ja Hammertonin tutkimusta rajoitti siihen osallistuneiden oppilaiden pieni lukumäärä ja intervention keston lyhyys (Luckin & Hammerton 2002, 770). Lisäksi oppilaat työskentelivät yksin, mikä tarkoittaa sitä, että kollektiivisen oppimisen elementti puuttui tutkimuksesta. Yhteisöllisen oppimisen tiedetään useimmissa tapauksissa tehostavan oppimistilannetta (Hakkarainen 2017, 52). Hakkaraisen ja Sintosen tutkimuksessa oppilaat työskentelivät verkossa toistensa kanssa vuorovaikutteisesti, mikä on osaltaan voinut tehostaa intervention vaikutusta.

Tässä tutkielmassa mainittuja teknologian haittavaikutuksia oppimiselle ovat olleet kognitiivinen ylikuormitus, muistin heikkeneminen ja tarkkaavaisuuden keston lyheneminen.

Schmid (2008), Hembrooke ja Gay (2003) osoittivat kukin tutkimuksissaan teknologisten välineiden heikentävän oppilaan muistia opiskelutilanteissa. Schmidin tutkimus osaltaan osoittaa käytännössä todeksi Mayerin (2009) multimediaoppimisteorian oletuksen kognitiivisesta ylikuormituksesta. Tutkimuksen oppitunneilla opetusmateriaalin esittämiseen ja havainnollistamiseen käytettiin oppilaiden kokemusten mukaan runsaasti suuria tietomääriä esittäviä visuaalisia ärsykeitä. Koska oppilaat kokivat ajoittain ajattelutyöskentelynsä rasittuneeksi, on syytä olettaa, että oppilaiden työmuistit toimivat kapasiteettiensa rajojen yli, aivan kuten Mayer teoriassaan esittää. Täten vaikuttaa ilmeiseltä, että Mayerin teoria kognitiivisesta ylikuormituksesta ilmenee käytännössä teknologia-avusteisessa opetuksessa. Hembrooke ja Gay (2003) puolestaan osoittivat, että ne oppilaat, jotka käyttivät kannettavaa tietokonetta keskittyessään samalla luentoon, menestyivät luentoa tenttaavassa kokeessa heikommin kuin luentoa ilman tietokonetta seuranneet oppilaat. Mikäli oppilaat olisivat keskittyneet vain joko luennoitsijaan tai verkkomateriaaliin, he olisivat kyenneet kohdistamaan koko työmuistinsa kapasiteetin yhden asian kognitiiviseen työstämiseen sen sijaan, että kapasiteetti olisi jakautunut luennoitsijalle ja verkkomateriaalille heikentäen kognitiivisen työskentelyn tehokkuutta. Cavanaugh (2016) on samalla linjalla heidän kanssaan; hänen mukaansa oppilaiden muistin heikkenemisen yhtenä syynä on multitaskingin yleistymisen aikaansaama työmuistin heikkeneminen. Myös kriittinen lukeminen ja

ajattelutaito ovat heikentyneet digitalisaation aiheuttaman muistin heikkenemisen vuoksi. Myös Bergenin ja Grimesin (2005) tutkimuksen tulokset osoittavat tämän vahvasti. Heidän tutkimuksessaan muistin heikkenemisen osoitettiin olevan tilastollisesti erittäin merkitsevästi yhteydessä visuaaliselle medialle altistumiselle. Ongelmallista tällainen vaikutus on perusopetussuunnitelman tavoitteiden toteutumisen suhteen, sillä nimenomaisesti muisti on yksi niistä osa-alueista, joiden kehittymiseen on Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan kiinnitettävä erityistä huomiota (Opetushallitus 2014, 98).

Annettan (2009) tutkimuksessa MEGA-sovelluksen käyttämisen ja oppimistulosten välillä ei löydetty tilastollisesti merkittävää yhteyttä. Gomezin (2016) tutkimuksessa yhteys oli vain heikosti merkitsevä. Lisäksi Greenfield (2006) on esittänyt, että nopeatempoisten toimintavideopelien pelaaminen on yhteydessä heikentyneisiin itsearviointi- ja analyyttisiin taitoihin. Lisäksi syvällisen ja kriittisen lukutaidon heikkeneminen on yhteydessä vastaavanlaisten pelien pelaamiseen. Tutkimusten valossa näyttää siis siltä, ettei opetusvideopelien avulla voida saavuttaa tilastollisesti merkittävämpiä oppimistuloksia tavalliseen opetukseen verrattuna.

Greenfield (2009) ja Cavanaugh (2016) ovat osoittaneet, että työmuistin heikkenemisellä on vaikutus syvällisen ajattelun ja keskittymiskyvyn heikentymiselle. Tämä johtaa puolestaan kriittisen lukutaidon ja syvällisen ajattelun heikentymiseen. Greenfieldin ja Cavanaughin tutkimukset ovat siten ristiriidassa esimerkiksi Luckinin ja Hammertonin sekä Hakkaraisen ja Sintosen tutkimustulosten suhteen, joten ristiriidan syytä on kysyttävä.

Yhteenvetona on todettava, että tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön hyödyt ilmenevät vahvistuneissa matematiikan taidoissa, erityisesti heikkojen laskijoiden keskuudessa. Äidinkielen taitoja voitaneen kehittää tavalliseen opetukseen nähden myös tehokkaasti teknologia-avusteisesti. Myös tiedonrakentelun taidoissa sekä metakognitiivisissa taidoissa voidaan teknologia-avusteisesti saada merkittäviä oppimistuloksia. Haittavaikutuksista on todettava, että tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön ongelmia ovat muistin heikkeneminen, työmuistin kapasiteetin jakautuminen ja siitä johtuva syvällisen ajattelutyön väheneminen, tarkkaavaisuuden keston ja ylläpitämisen lyhentymisen sekä kognitiivinen ylikuormitus.

6 Pohdinta

Teknologian opetuskäytön tehokkuuteen vaikuttaa niin valtava määrä osatekijöitä, että kokonaiskuvaa sen vaikutuksista kognitiivisiin taitoihimme on käytännössä mahdotonta kuvata täysin aukottomasti. Ilmiöön liittyy väistämättä ainakin henkilön ikä, äidinkieli, teknologinen laite ja sen ominaisuudet, teknologisilla laitteilla suoritettavien interventioiden kestot, opettajan oppilaalle antama ohjaus teknologia-avusteisen oppimisen aikana ja virtuaalisten ohjelmien tarkoituksenmukaisuus ja laatu. Luonnollisesti vaikuttavia tekijöitä on muitakin. Tässä tutkielmassa esimerkiksi matematiikan vaikutuksia erittelevät tutkimukset kohdistuivat 4-7 -vuotiaisiin sekä Yhdysvaltain koulutusjärjestelmän 11. vuosiluokan ikäryhmään, mikä vastaisi Suomessa lukion ikäryhmää. Näiden ryhmien välillä on suuri ikäero, ja niiden väliin sijoittuvien ikäryhmien toimintaa teknologia-avusteisessa opetuksessa olisi myös tärkeä ottaa huomioon.

Muistin heikkeneminen on ilmiö, joka syntyy vasta pitkällä aikavälillä. Sen syntyminen on myös riippuvainen usein toistuvista tavoista kuten siitä, kuinka usein käyttää sellaisia teknologisia laitteita, joilla on vaara heikentää muistia. Opettaja voisi yrittää vaikuttaa osaltaan tähän painottamalla koulussa sellaisia tehtäviä ja tehtävämuotoja, jotka vaativat ja kehittävät muistia. Olisi hyödyllistä selvittää, millä luokahuoneessa tapahtuvilla opetuksen muodoilla voitaisiin kehittää ja ylläpitää tehokkaasti oppilaan muistia. Olisivatko tällaisia opetusmenetelmiä esimerkiksi muistipelit, sanelut ja asioiden kirjoittaminen ja puhuminen omin sanoin?

Kielten oppimista käsitteleviin tutkimuksiin on kuitenkin suhtauduttava aina kriittisesti. Tässä tutkielmassa esitetyt kielen oppimista käsitelleet tutkimukset perustuivat englannin kielelle. Suomen ja englannin kieli eroavat toisistaan olennaisesti muun muassa kielen foneettisen säännönmukaisuuden suhteen: suomen kielessä sanat lausutaan lähes poikkeuksetta siten, miten ne kirjoitetaan. Kirjain-äänen-vastaavuus on siis hyvin tarkka, minkä ansiosta tekninen lukutaito saavutetaan suomessa hyvin. Ongelmat kohdistuvat enemmänkin monimutkaiseen taivutusjärjestelmään ja luetun ymmärtämisen taitoihin. Englannin kieli on puolestaan melko epäsäännöllinen. Monet sanat lausutaan kirjoitusasuun nähden eri tavoin, minkä vuoksi huomiota on kiinnitettävä enemmän lukemisen tekniseen sujuvuuteen jo nuorena iässä. Nämä seikat huomioon ottaen jonkin verran jää kiistanalaiseksi, kuinka yleistettävissä tutkimusten

tulokset ovat suomen kieleen nähden. Suomessakin olisi tärkeää suorittaa enemmän tutkimuksia, jotka tarkastelisivat teknologia-avusteisen kielen opiskelun tehokkuutta tavalliseen opetukseen verrattuna.

Opetusvideopelien vaikuttavuutta arvioidessa on otettava huomioon, että eri ikäiset oppilaat suhtautuvat eri tavoin peleihin. Nuoremmat oppilaat ovat avoimempia myös peleille, jotka eivät välttämättä vastaisikaan videopelimarkkinoiden sen hetkistä huipputasoa. Tässä tutkielmassa aineistossa opetusvideopelien vaikuttavuutta arvioitiin selvästi vanhempien oppilaiden parissa, mikä osaltaan on voinut vaikuttaa siihen, että oppilaat ovat saattaneet pitää pelejä korneina tai kehnolaatuisina niihin peleihin verrattuna, joita heillä on tapana pelata omalla vapaa-ajallaan. Tärkeää olisi suorittaa tai ottaa huomioon tutkimuksia, joissa opetuspelien tehoa oppimisessa arvioitaisiin myös nuorempien ikäluokkien parissa.

Tutkielman johtopäätöksissä ilmeni ristiriitaisia tutkimustuloksia oppilaan ajattelun kehittymiseen liittyen. Eräissä tutkimuksissa sen havaittiin kehittävän metakognitiivisia ajattelun taitoja, kun toisissa tutkimuksissa on esitetty huolta teknologian kriittistä ajattelua hidastavista vaikutuksista. Esimerkiksi Greenfield (2009) ja Cavanaugh (2016) esittivät kriittisen ajattelun heikentymisen syntyvän esimerkiksi tiedonsaannin helppoudesta nykypäivänä, mikä johtaa vähäiseen kognitiivisen ponnistelun määrään. Kun raskaan ajatustyön tekemiseen ei totuta riittävän nuorella iällä, sitä vaativa kriittinen ajattelukyky ei pääse riittävästi kehittymään. Myös multitaskingilla on samanlainen haittavaikutus johtuen työmuistin kapasiteetin hajaantuneisuudesta monelle asialle. Nämä seikat kuitenkin vaikuttavat heidän tutkimuksiensa perusteella tapahtuvan arjessa tavallisten asioiden yhteydessä, esimerkiksi koulussa tiedonhakua tehdessä, huomion siirtyessä älylaitteesta televisioon ja niin edelleen. Hakkaraisen ja Sintosen (2002) tutkimuksessa todettu ajattelun taitojen kehittyminen oli puolestaan sellaisen projektitehtävän tuotosta, jossa ajattelun kehittymiseen nimenomaisesti pyrittiin, toisin sanoen tehtävä oli tarkoituksenmukainen ja tehokkaasti suunniteltu ja toteutettu. Opettajan olisi tämän päätelmän perusteella aiheellista ottaa opetuksen suunnittelussa huomioon mahdollisuudet luoda ajattelun taitojen kehittymistä, jotka korostuvat nykyisellään Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa.

Viimeiseksi on todettava, että teknologian käytöllä opetuksessa on ehdottomasti arvonsa. On kuitenkin välttämätöntä ymmärtää, että kun teknologia-avusteisessa opetuksessa saavutetaan

edistystä yhdellä osa-alueella, on hyvin todennäköistä, että toisilla osa-alueilla koetaan haittavaikutuksia. Mikäli opettaja ymmärtää laaja-alaisesti teknologian opetuskäytön vaikutukset oppilaaseen, on hänellä valta ja vastuu ottaa nämä vaikutukset huomioon jo opetuksen suunnittelussa. Näin toimimalla haittavaikutuksia voitaneen minimoida, jopa ehkäistä täysin. Tässä piileekin jatkokysymys tutkielman aiheeseen liittyen; koska teknologian opetuskäytöllä on runsaasti hyötyjä, kuinka voitaisiin varmistua siitä, että mainittuja haittavaikutuksia voitaisiin ehkäistä saatuja hyötyjä menettämättä?

7 Lähteet / References

- Annetta, A.L., Minogue, J., Holmes, S.Y., Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. Teoksessa Heller, R.S., Nussbaum, M., Tsai, C-C., van Braak, J. (toim.). *Computers & Education* 53 (74-85).
- Bergen, L., Grimes, T., Potter, D. (2005). How attention partitions itself during simultaneous message presentations. Teoksessa Lee, E.J. (toim.). *Human Communication research* 31 (6-22).
- Bos, B. (2009). Virtual math objects with pedagogical, mathematical and cognitive fidelity. Teoksessa Guitton, M. (toim.). *Computers in Human Behavior* vol. 25 (521-528).
- Eysenck, M.W. (2018). *Fundamentals of cognition: Third edition* (s. 144-178). Psychology Press.
- Gomez, F.B.L., Sotelo, M.C.B., Higuera, N.S.R., Mendoza, B.J.R. (2016). A Video game for learning brain evolution: a resource or a strategy? Teoksessa Sampson, G. (toim.). *13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age* (CELDA 2016). (119-126).
- Greenfield, P.M. (2009). Technology and informal education: What is taught, what is learned. Julkaistu teoksessa *Science*, Vol. 323, (5910). (69-71).
- Hakkarainen, K. (2017). Kollektiivinen luovuus, yhteisöllinen oppiminen ja itsensä ylittäminen. Teoksessa *Aikuiskasvatus*, Vuosikerta 37, Nro 1. (47-56).
- Hakkarainen, K., Lipponen, L., Järvelä, S. (2002). Epistemology of inquiry and computer-supported collaborative learning. Teoksessa Koschmann, T., Miyake, N., Hall, R. (toim.). *Carrying forward the conversation*. Mahwah, NJ: Erlbaum. (129-156).
- Hakkarainen, K., Sintonen, M. (2002). The Interrogative Model of Inquiry and Computer-Supported Learning. Teoksessa *Science & Education* 11 (25-43).
- Hembrooke, H., Gay, G. (2003). The laptop and the lecture: the effects of multitasking in learning environments. Teoksessa Moore, S.L. (toim.). *Journal of Computing in Higher Education*, vol. 15:1 (46-64).

- I-Fang, L., Hwa-Wei, K. (2016). The relationship among ICT skills, traditional reading skills and online reading ability. Teoksessa Sampson, G. (toim.) *13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2016)*. (287-291).
- Iiskala, T., Hurme, T.R. (2006). Metakognitio teknologisissa oppimisympäristöissä. Teoksessa Järvelä, S., Häkkinen, P., Lehtinen, E. (toim.). *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö* (s. 40). WSOY Oppimateriaalit, Helsinki
- Järvelä, S., Järvenoja, H., Simojoki, K., Kotkaranta, S., Suominen, R. (2011). Miten opettajat ja oppilaat käyttävät tieto- ja viestintäteknologiaa koulun arjessa? Teoksessa Kankaanranta, M., Vahtivuori-Hänninen, S. (toim.). *Opetusteknologia koulun arjessa II* (41-51). Jyväskylän yliopisto.
- Kontio, K., Siljander, P. (26.11.2018). Opetuksen kehittämisen suuntaa muutettava. *Kaleva*, s. 32.
- Luckin, R., Hammerton, L. (2002). Getting to know me: Helping learners understand their own learning needs through metacognitive scaffolding. Teoksessa S.A. Cerri, G. Gouardères, G. (toim.). *Intelligent tutoring systems: 6th international conference, ITS 2002*, Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7, 2002. (759-771).
- Malmberg, K. (18.11.2018). Tutkimus paljastaa: Koulujen uudet oppimismenetelmät heikentävät oppimista merkittävästi. *Helsingin Sanomat*. Haettu osoitteesta <https://www.hs.fi/elama/art-2000005903400.html>.
- Malmberg, J., Järvenoja, H., Järvelä, S. (2010). Tracing elementary school students' study tactic use in gStudy by examining a strategic and self-regulated learning. Teoksessa Tennyson, R.D. (toim.). *Computers in Human Behavior vol. 26* (1034-1042).
- Mayer, R.E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Moraine, P. (2015). *Tarkkaavaisuus haltuun! : toiminnanohjaustaitojen vahvistaminen*. Kehitysvammaliitto.
- Närhi, V. & Korhonen, T. (2006). Toiminnanohjauksen kehitys. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. (toim.). *Mieli ja aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus. Turun yliopisto.
- Opetushallitus. (2011). *Tieto- ja viestintäteknikka opetuskäytössä - Välineet, vaikuttavuus ja hyödyt. Tilannekatsaus Toukokuu 2011*.

- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2016). *Pisa 15 Ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta*.
- Outwaithe, L.A., Gulliford A., Pitchford N.J. (2017). Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children. Teoksessa Heller, R.S., Nussbaum, M., Tsai, C-C. (toim.). *Computers and Education* 108 (43-58).
- Laarni, J., Kalakoski, V., Saariluoma, P. (2001). Teoksessa Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). *Moderni kognitiotiede*. Gaudeamus, Helsinki
- Rhodes, M.G. (2019). Metacognition. Teoksessa *Teaching of Psychology*, 46(2). (168-169).
- Saariluoma, P., Kamppinen, M. & Hautamäki, A. (toim.). *Moderni kognitiotiede*. Gaudeamus, Helsinki
- Schmid, E. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. Teoksessa Heller, R.S., Nussbaum, M., Tsai, C-C., van Braak, J. (toim.). *Computers & Education* 51 (1553-1568).
- Seppälä, H. (2013). *Students' scientific thinking in higher education. Logical thinking and conceptions of scientific thinking in universities and universities of applied sciences*. Helsingin yliopisto.
- Shannon, R.M. (2013). *The relationship between time in computer-assisted instruction and the increase in reading skills*. (39-52).
- Sundar, S. (2012). Cognitive skills: A Modest Way of Learning through Technology. Teoksessa Yuzer, T.V. (toim.). *The Turkish Online Journal of Distance Education*. 2012; 13(3) (260-274).
- Tyler, J.E., Hughes, J.C., Beverley, M., Hastings, R.P. (2015). Improving early reading skills for beginning readers using an online programme as supplementary instruction. Teoksessa Baucal, A. (toim.). *European Journal of Psychology of Education* 2015:30 (281-294).